

УДК 534.283.2

OECD 01.03.AA

Шумозащитные мероприятия по снижению уровней шума от соударения металлических труб

Андрющенко А.К.¹, Аникин М.К.²¹Аспирант БГТУ «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф. Устинова
г. Санкт-Петербург² К.т.н., Инженер-акустик ООО «Институт акустических конструкций»

Аннотация

В работе рассматривается проблема снижения шума при производстве металлических труб нефтегазопроводного дивизиона. Основным источником шума на данных производствах является шум, излучаемый при их соударениях о металлические части рабочих органов конструкций и между собой. Превышения уровней шума на определенных рабочих местах данных производств могут достигать до 22 дБА по эквивалентному уровню звука. Типовые шумозащитные мероприятия (шумозащитные экраны, звукопоглощающие материалы) для данного типа производств имеют определенные ограничения по внедрению, что требует использования нетиповых мероприятий (вибродемпфирования) и проектирования новых видов (глушители шума труб).

Ключевые слова: шум, шумозащитные мероприятия, вибродемпфирование, глушители шума, соударение труб.

Noise-protective actions for decrease in noise levels from impact of metal pipes

*Andryushchenko A.K.¹, Anikin M.K.²*¹ *PhD student, Baltic State Technical University 'VOENMEH' named after D.F. Ustinov
St. Petersburg*² *PhD in Technological Sciences, Acoustic engineer, ООО 'Acoustic Design Institute'*

Abstract

In work the problem of noise reduction by production of metal pipes of an oil and gas wire division is considered. The main source of noise on these productions is the noise radiated at their impact about metal parts of workers of bodies of designs and among themselves. Excesses of noise levels in certain working workplaces of these productions can reach up to 22 dBA on the equivalent level of a sound. Standard noise-protective actions (noise screens, sound-absorbing materials) for this type of productions have certain restrictions on introduction that demands use of non-standard actions (vibrodamping) and to design of new types (mufflers of noise of pipes).

Key words: *noise, noise-protective actions, vibrodamping, noise mufflers, impact of pipes.*

Введение

Известно, что по количеству работающих, подвергающихся воздействию шума, металлургические производства располагаются в следующем порядке: прокатное, метизное, трубное [3]. По опасности неблагоприятного воздействия шума на организм работающих, металлургические производства, такое как трубное, находится на 1 месте.

Согласно [1], в таблице 1 представлены основное оборудование и операции на трубопрокатном производстве, излучающие наибольшие уровни шума.

Таблица 1

Характеристики шума основного оборудования предприятий черной металлургии (трубопрокатное производство)

Наименование оборудования	Корректированный уровень звуковой мощности, дБА	Уровни звуковой мощности в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Автоматический стан	121	112	110	109	113	117	115	113	107
Обкатный стан	118	110	112	112	112	113	111	108	105
Падение трубы в карман	129	105	109	114	121	125	123	121	116
Пескоструйная установка в момент входа и выхода сопла из трубы	119	102	99	101	107	107	108	109	119
Станок обточной 1-А-665	117	96	97	97	102	107	115	105	92
Станок кромкострогальный	116	109	110	111	112	112	108	100	95
Инспекционная решетка	144	138	140	142	137	140	138	129	121
Правка листа шириной 400 мм	125	110	110	111	115	119	119	118	103
Стан формовочно-сварочный конструкции ЭЗТМ	124	117	119	115	115	115	114	119	118
Машина трубоправильная девятивалковая СКМЗ-20-60	124	106	107	107	111	118	122	108	104
Сбрасывающее устройство для труб	120	108	105	106	110	114	117	108	102
Печь туннельная	119	119	119	119	116	116	107	98	95

Как видно из справочного материала, оборудование трубопрокатного производства отличается высокими значениями уровней шума. Это связано в первую очередь со свойствами самого обрабатываемого материала (металлических труб, листов), издающего шум при различных механических воздействиях (удары, перемещение по конвейеру, изгиб и пр.). В совокупности с низким звукопоглощением внутренних поверхностей помещения и большими объемами цехов, создаются высокие уровни шума на рабочих местах работников. Следует отметить, что проблема звонкого обрабатываемого материала присуща многим отраслям производства, например, стеклольному, пищевому (с применением стеклянной тары) и пр.

В ходе выполнения проектных работ по снижению шума на реальном производстве, были произведены исследования и моделирование условий распространения шума в производственных помещениях. Согласно измерениям

уровней шума на рабочих местах трубоэлектросварочного цеха, выполненные в рамках работ по расчету и снижению уровней шума на рабочих местах, эквивалентные уровни звука на участках стана имеют превышения до 22 дБА, на участках нарезки труб и подготовки производства – до 18 дБА.

Наиболее эффективными мероприятиями по снижению шума являются мероприятия, направленные на источник шума. Но так как генерация шума производится самим обрабатываемым материалом (трубами и пр.) набор вариантов снижения шума в источнике весьма ограничен. В связи с этим, для снижения излучаемого шума от звона труб наиболее целесообразным будет облицовка вибродемпфирующим материалом мест соударения металлических частей и глушение шума от звона самих труб.

1 Облицовка мест соударения обрабатываемого материала (труб, штрипса, рулонов) с элементами производственной линии

Вибродемпфирующий материал представляет собой упругий материал высокой плотности, превращающий часть колебательной энергии в тепло и увеличивающий механическое сопротивление стенок облицованной конструкции. На резонансных частотах вибродемпфирующие материалы работают наиболее эффективно, так как при возрастании амплитуды вибраций и деформаций на изгиб увеличиваются потери колебательной энергии.

Основной эффект от обработки упругими материалами мест соударения (соприкосновения) сырья (труб, штрипса и пр.) с элементами оборудования достигается за счет:

- смягчения удара с переводом части энергии в тепловую;
- снижения жесткости столкновения, что снижает амплитуду колебаний металлических частей и сырья, а также сдвигает частотный состав импульса в низкочастотную область;
- эффекта вибродемпфирования элементов оборудования (рельсов, и направляющих стеллажей) при обработке максимума поверхности;
- эффекта вибродемпфирования сырья (труб, штрипса и пр.) при обработке мест соприкосновения (ролики, направляющие, валики) с обеспечением максимальной ширины касания, за счет потери энергии звуковых колебаний при деформации упругого материала в местах касания.

Для снижения ударного шума, излучаемого при соударении труб, металлических листов и штрипса с металлическими элементами оборудования (при движении труб по рольгангу, при перегрузке труб с одного участка на другой и проч.), рекомендуется все элементы оборудования обработать вибродемпфирующим материалом (например, резиной), к примеру:

- петлевое устройство, загибатель, моталка в местах удара конца рулона при выходе из машины продольной резки;
- клеть с отгибателем, правильная машина, в местах удара конца штрипса при выходе из разматывателя;
- стеллажи, столы с обработкой мест касания труб;
- перекладчики, упоры в местах касания труб;
- рольганги в местах касания труб, с заменой роликов на обрешиненные или из полимерных (или иных не жестких) материалов;
- стойки мест хранения труб с обработкой поверхности.

При недостаточной прочности материала (резины, полимерных материалов) по сравнению с воздействием (например, удар конца штрипса о станину моталки)

возможна разработка специальных резино-металлических амортизаторов, конструкций на основе пружин, либо комбинированных конструкций.

Подбор материала для обработки производится из следующих соображений:

- сохранения эластичности при заданной нагрузке;
- достаточной мягкости, обеспечивающей плотное прилегание материала к трубе по всей ширине касания;
- плотное прилегание демпфирующего материала к основанию (на клей);
- износостойкости и прочие свойства, обеспечивающие стабильную долговую работу;
- прочим параметрам согласно технологии производства.

Эффективность мероприятия по вибродемпфированию элементов оборудования была измерена на испытательном стенде ООО «Институт акустических конструкций».

Лабораторный стенд представлял собой специально изготовленный стол (рис. 1), каркас которого изготовлен из сваренных металлических швеллеров с угловыми упорами для труб. В качестве направляющих поперек каркаса приварены профильные трубы прямоугольной формы. Стенд устанавливался под углом наклона 4-5° для обеспечения произвольного скатывания труб в сторону упоров и их соударения. Данный стенд моделирует основные операции на стеллажах при скатывании и накоплении труб по входному/выходному стеллажу. Для измерений были использованы электросварочные трубы из стали марки 3 длиной 3 м, наружным диаметром 108 мм и толщиной стенок 3,5 мм.

Была проведена серия (по три измерения) следующих экспериментов:

- по скатыванию труб на стеллаже поочередно, моделируя ситуацию скопления группы из 7 труб на стеллаже;
- одновременному скатыванию группы труб из 7 штук.

При этом проводились измерения уровней шума в контрольных точках, на расстоянии 1 м от краев трубы (рис. 2).



Рис. 1. Испытательный стенд ООО «Институт акустических конструкций»

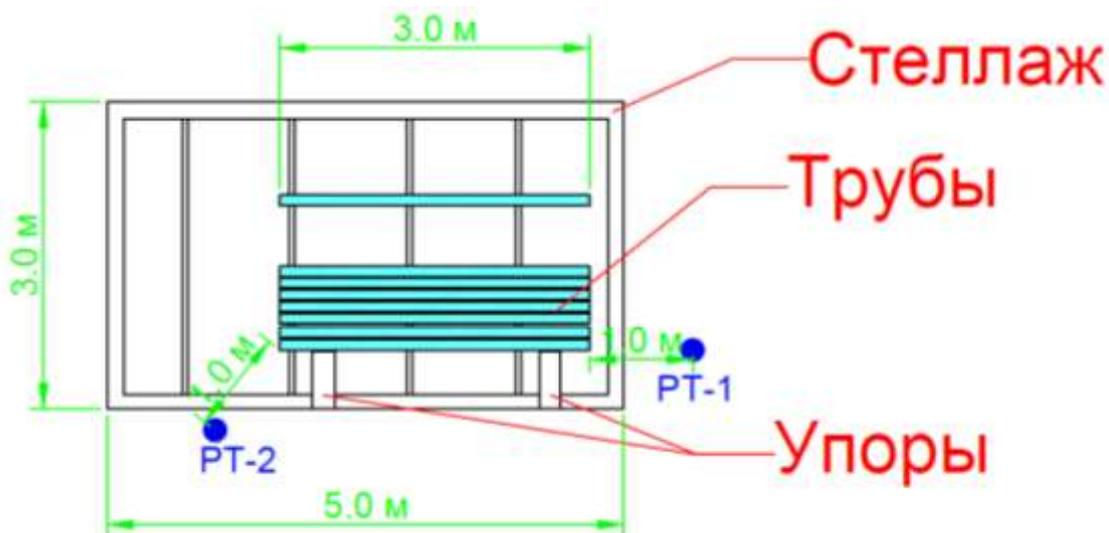


Рис. 2. Схема испытательного стенда ООО «Институт акустических конструкций»

Далее направляющие профильные трубы были облицованы вибродемпфирующим материалом, представляющим собой резиновые прокладки высокой плотности толщиной 2,5 мм с выступающими линиями (рис. 3). Проведена серия аналогичных измерений уровней шума уже с шумозащитным мероприятием. Результаты измерений уровней шума в расчетных точках без учета шумозащитного мероприятия по вибродемпфированию мест соударения стеллажа с трубами и с учетом мероприятия представлены в таблице 2.



Рис. 3. Облицовка вибродемпфирующим материалом направляющих стенда

Таблица 2

Результаты измерений уровней шума на стенде и эффективность шумозащитного мероприятия по вибродемпфированию

Наименование	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах среднегеометрических частот, Гц								Экв. УЗ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Скатываются трубы по одной в пачку	65	65	77	86	89	89	84	76	94
Скатываются трубы по одной в пачку (вибродемпфирование)	63	62	71	77	81	82	78	70	86
<i>Эффективность</i>	2	3	6	8	8	7	6	6	7
Пачка труб катается	61	65	77	85	92	93	90	82	97
Пачка труб катается (вибродемпфирование)	51	52	67	75	83	84	81	72	88
<i>Эффективность</i>	10	13	11	10	9	9	9	10	9
<i>Средняя эффективность</i>	6	8	9	9	9	8	8	8	8

Согласно результатам измерений на опытном стенде, ожидаемая эффективность снижения эквивалентных уровней шума при обработке стеллажа вибродемпфирующим материалом составляет до 8 дБА.

2 Затычки-глушители при перегрузке труб

Основным источником шума на рассматриваемом производстве является сам обрабатываемый материал (трубы). Помимо передвижения по стеллажам и рольгангам, снижение шума которых рассмотрено выше, на трубоэлектросварочном производстве, как правило, имеется крановое хозяйство. При погрузо-разгрузочных работах происходит соударение труб друг об друга в свободном состоянии, что создает шум высокой интенсивности. Стандартные методы снижения шума в источнике (например, вибродемпфирование) в данной ситуации не применимы. Для снижения уровней шума при перегрузке труб из механизированных карманов, мест временного хранения, складов и прочее, ООО «Институт акустических конструкций» разработал и испытал на вышеописанном стенде (раздел 1) опытную модель глушителя для труб, представляющего собой герметичную, плотно прилегающую к стенкам трубы затычку (рис. 4 а, б).

Опытный образец глушителя состоит из дисков, изготовленных из листов ориентированно-стружечной плиты (далее – ОСП) толщиной 12 мм, диаметром 100 мм (на 4 мм меньше, чем диаметр трубы). Каждые 3 диска ОСП чередуются прокладным диском из плотной резины, толщиной 3 мм, диаметром равным внутреннему диаметру трубы (104-105 мм). Кромка дисков из ОСП обклеена уплотнителем из пористой резины, толщиной 4,5 мм. Вся конструкция собрана на шпильку и зафиксирована при помощи шайб и гаек. Для удобства использования затычка снабжена металлической ручкой.



а)



б)

Рис. 4. Опытные образцы глушителя шума для труб: а) конструкция глушителя для труб (частично без облицовки); б) глушители для труб без звукопоглотителя со слоем минеральной ваты (звукопоглотителем)

Были изготовлены и испытаны 2 типа опытных глушителей – без и со звукопоглощающим материалом в виде базальтового сверхтонкого волокна на внутренней части толщиной 800 мм (в сторону центра трубы, рис. 4 б).

Были проведены следующие серии измерений (по три измерения) уровней шума в расчетных точках, аналогичных в разделе 1 настоящей статьи:

- при ударе по трубе молотком;
- при ударе по трубе молотком с глушителями (без звукопоглотителя) с обеих сторон трубы;
- при ударе по трубе молотком с 1 глушителем (со звукопоглотителем) на одной стороне трубы;
- при ударе по трубе молотком с 2 глушителями (со звукопоглотителем) на обеих сторонах трубы.

Измеренные уровни шума в расчетных точках и эффективность опытных глушителей представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты измерений уровней шума на стенде и эффективность глушителей шума труб (затычек)

Наименование	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах среднегеометрических частот, Гц								Экв. УЗ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Удар молотком	56	57	67	86	96	96	92	88	101
Удар молотком (с одной затычкой с минватой)	57	54	62	80	93	95	92	86	98
Эффективность	-1	3	5	6	3	2	0	3	3
Удар молотком (с двумя затычками с минватой)	55	56	65	80	93	95	90	86	98
Эффективность	1	1	2	6	3	1	1	3	2
Удар молотком (с двумя затычками без минваты)	7	7	6	0	3	4	1	7	8
Эффективность	-2	0	1	6	2	2	1	2	2

Согласно результатам измерений на опытном стенде, эффективность снижения эквивалентных уровней шума в зависимости от конфигурации глушителей-затычек и количества заткнутых концов одинакова для затычек со звукопоглотителем вне зависимости от того один конец трубы заткнут или оба. При этом ожидаемая эффективность мероприятия по применению глушителей-затычек составляет до 3 дБА по эквивалентному уровню звука.

Несмотря на сравнительно невысокую эффективность предложенной конструкции затычки-глушителя, проведенные испытания показывают принципиальную возможность применения указанных глушителей-затычек при перегрузке труб. Это открывает перспективы развития этого способа глушения и в дальнейшем подбора оптимальной и наиболее эффективной и удобной конструкции конкретного изделия, а также методов расчета затычек-глушителей для различных параметров труб (диаметр, длина, толщина стенки, материал и тд.).

По результатам испытания на стенде намечены основные требования к конструкции затычек с точки зрения акустики, а именно:

- материал и толщина затычки должна иметь достаточную звукоизоляцию не менее 25 дБА что обеспечивается длиной затычки и тяжелым материалом основы (например, дерево);

- плотное прилегание затычки к внутренней поверхности трубы на максимально возможной площади за счет облицовки поверхности затычки уплотняющим материалом;
- размещение на внутреннем конце затычки звукопоглотителя (минвата оборачивается в стеклоткань и закрывается сеткой);
- наличие ручки и места крепления шнура;
- вес затычки при прочих условиях должен быть минимальный;
- долговечность и износостойкость материалов должна обеспечивать стабильную долговую работу затычки.

Предлагается следующая технология использования затычек:

- затычки располагаются на специальных вешалках (или в ящиках) у мест погрузки труб;
- затычки имеют покрашенный в яркий цвет торец и связаны веревкой яркого цвета по стандартному количеству поднимаемых труб 20 шт. (уточняется на месте), позволяющей взять сразу связку затычек с вешалки (из ящика) и снижающую опасность забыть затычки внутри труб на стеллаже после выгрузки;
- при необходимости поднять пучок труб из механизированного кармана работник вставляет в каждую трубу собранного пучка затычки из одной связки затычек, и далее действует как обычно по технологии;
- затычки вынимаются только после выгрузки на стеллаж производственной линии и убираются на вешалку (или в ящик).

Основной эффект от применения затычек-глушителей достигается за счет:

- поглощения части энергии минеральной ватой (при наличии поглотителя на конце);
- уменьшения угла излучения шума за счет звукоизоляции отверстий затычками;
- эффекта вибродемпфирования (снижение амплитуды колебаний) стенок трубы за счет плотного прилегания уплотнителя затычки к поверхности.

Заключение

Результаты измерений в производственных помещениях трубоэлектросварочного цеха показывают, что шум создается преимущественно оборудованием технологических линий и на рабочих местах может превышать нормативное значение эквивалентных уровней звука при выполнении основных операционных периодов рабочего цикла до 22 дБА.

Поскольку превышения уровней шума являются значительными, а внедрение типовых шумозащитных мероприятий (звукоизолирующих кожухов, акустических экранов на рабочих местах и звукопоглощающей облицовки) не всегда возможно – предлагается в первую очередь на данных производствах рассматривать мероприятия по облицовке мест соударения металлических элементов вибродемпфирующим материалом. Эффективность данного шумозащитного мероприятия достигает **7-8 дБА** по эквивалентному уровню звука.

Также, для уменьшения шума от соударения труб друг об друга при их транспортировке по цеху, упаковке и погрузке, предлагается использовать глушители-затычки для труб, размещаемые в пространстве трубы и снижающие излучение шума самой трубой. Эффективность данных мероприятий, согласно результатам натуральных измерений на испытательном стенде, составляет до **3 дБА** по эквивалентному уровню звука.

В условиях столь значительных превышений уровней шума, как на трубоэлектросварочном производстве, снижение на 1-3 дБА по эквивалентному уровню звука имеет ощутимую значимость, в особенности при ограниченной возможности внедрения прочих шумозащитных мероприятий. Большое достоинство указанных методов снижения шума – это применимость их к существующему производству без значительного изменения оборудования и технологии производства. Также следует отметить, что для отдельных операций (например, перегрузка краном) альтернативы рассмотренным шумозащитным мероприятиям нет.

Список литературы

1. МР № 2986-84 «Методические рекомендации по борьбе с шумом и вибрацией на предприятиях черной металлургии».
2. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
3. Иванов Н.И. – Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник, 4-е изд. перераб. и доп. – М.: ЛОГОС, 2015. – 432 с.